



(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift
(10) DE 41 15 564 A 1

(51) Int. Cl. 5:
B 23 Q 1/08
B 24 B 41/04
F 16 C 27/04
F 16 C 32/06
B 23 Q 23/00

D2

(21) Aktenzeichen: P 41 15 564.5
(22) Anmeldetag: 13. 5. 91
(43) Offenlegungstag: 19. 11. 92

DE 41 15 564 A 1

(71) Anmelder:
K. Jung GmbH, 7320 Göppingen, DE

(72) Erfinder:
Schemel, Roland, 7060 Schorndorf, DE

(74) Vertreter:
Stellrecht, W., Dipl.-Ing. M.Sc.; Grießbach, D.,
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Haecker, W., Dipl.-Phys.;
Böhme, U., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Beck, J.,
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Wößner, G., Dipl.-Chem.
Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 7000 Stuttgart

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Lagervorrichtung

(57) In einer Lagervorrichtung für eine drehend angetriebene Spindel, bei welcher ein bestimmter, auf der Spindelachse liegender Fixpunkt relativ zu einem ortsfest angenommenen Bezugspunkt unabhängig von der Temperatur der Spindel einen stets gleichbleibenden Abstand hat, ist die Spindel in einem kegeligen Lager gelagert, dessen Kegelspitze mit dem Fixpunkt der Spindelachse zusammenfällt. Der Tangens des Kegelneigungswinkels entspricht dem Verhältnis der Hälfte des mittleren Durchmessers des kegeligen Lagers zum Abstand zwischen dem Fixpunkt und dem Bezugspunkt. Die Spindel ist in einem Abstand vom kegeligen Lager, des weiteren in einem Gegenaxiallager gelagert, welches eine axiale Ausgleichsbewegung der Spindel ermöglicht.

Compensate for
Thermal drift

DE 41 15 564 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Lagervorrichtung für eine drehend angetriebene Spindel, bei welcher ein bestimmter, auf der Spindelachse liegender Fixpunkt relativ zu einem ortsfest angenommenen Bezugspunkt unabhängig von der Temperatur der Spindel einen stets gleichbleibenden Abstand hat.

Bei sich drehenden Spindeln erzeugt die Reibung in Lagern, welche die Spindel drehbar in einem Gehäuse halten, eine Erwärmung von Spindel, Lagern und Gehäuse. Aufgrund dieser Erwärmung tritt eine axiale Wärmeausdehnung, d. h. Längung der Spindel auf.

An der Spindel ist gewöhnlich an ihrem einen, über das Gehäuse vorstehenden Ende oder auch zwischen zwei Lagern ein Werkstück oder ein Werkzeug angeordnet. Durch die Längung der Spindel aufgrund der Wärmeausdehnung verändert sich die Position des Werkstücks oder Werkzeugs relativ zum Gehäuse, wodurch die erzielte Bearbeitungsgenauigkeit sinkt, was insbesondere bei Präzisionsbearbeitungen unerwünscht ist.

Der Längung der Spindel aufgrund der Wärmeausdehnung wurde bisher durch eine Temperierung des Gehäuses und/oder des Schmieröls der Spindellagerung entgegengewirkt. In manchen Fällen wurde auch die sich drehende Spindel selbst gekühlt, was jedoch mit größerem Aufwand verbunden ist.

Mit den genannten Mitteln läßt sich die Spindellänge jedoch nicht hinreichend konstant halten, da während der Bearbeitung häufig verschiedene Werkzeugträger oder Werkstückträger an der Spindel ausgewechselt werden, wobei die ausgewechselten Teile aufgrund ihrer von der Spindel verschiedenen Temperatur zu einer Änderung der Länge der Spindel führen.

Außerdem können die an der Spindel angebrachten Werkstücke oder Werkzeuge abhängig von deren Größe oder Einstellung (z. B. unterschiedlich geöffnetes Backenfutter) und der Drehzahl der sich drehenden Spindel zu einer Selbstventilation der Spindel führen, die eine Abkühlung und damit Verkürzung der Spindel bewirkt.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Lagervorrichtung für eine drehend angetriebene Spindel zu schaffen, die eine feste, von der Spindeltemperatur unabhängige Position eines Fixpunktes der Spindel relativ zu einem ortsfesten Bezugspunkt, z. B. an einem Gehäuse ermöglicht.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß

A. die Spindel in einem kegeligen Lager, dessen Kegelspitze mit dem Fixpunkt der Spindelachse zusammenfällt, gelagert ist,

B. der Kegelenigungswinkel α des kegeligen Lagers der Beziehung

$$\tan \alpha = \frac{D}{2L}$$

genügt, wobei L der Abstand zwischen Fixpunkt und Bezugspunkt und D der mittlere Durchmesser des kegeligen Lagers ist,

C. die Spindel in einem Abstand vom kegeligen Lager in einem Gegenaxiallager gelagert ist, welches eine axiale Ausgleichsbewegung der Spindel ermöglicht.

Hierdurch wird ermöglicht, daß eine axiale Wärmeausdehnung der Spindel durch die gleichzeitig stattfindende radiale Wärmeausdehnung derart kompensiert wird, daß die Spindel durch das kegelige Lager aufgrund des sich vergrößernden Spindeldurchmessers zwangsläufig relativ zum Spindelgehäuse verschoben und damit die temperaturabhängige Längung der Spindel kompensiert wird.

Zur Erzielung der Ausgleichsbewegung ist das Gegenaxiallager vorteilhaftweise axial gefedert. Die Ausgleichsbewegung wird beispielsweise durch einen Schmierspalt veränderlicher Breite im Gegenaxiallager ermöglicht.

Vorzugsweise sind das kegelige Lager und/oder das Gegenaxiallager hydrostatische oder hydrodynamische Gleitlager.

Es ist auch möglich, daß das kegelige Lager und/oder das Gegenaxiallager Wälzläger sind, wobei durch Reibung hervorgerufene Wärmeausdehnungseffekte durch unterschiedliche Lagervorspannungen ausgeglichen werden.

Die nachstehende Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung dient im Zusammenhang mit der Zeichnung der weiteren Erläuterung. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch eine Schnittdarstellung einer erfindungsgemäßen Lagervorrichtung für eine drehend angetriebene Spindel;

Fig. 2 schematisch eine Schnittansicht einer abgewandelten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Lagervorrichtung und

Fig. 3 schematisch eine Schnittansicht einer weiteren abgewandelten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Lagervorrichtung.

Wie in Fig. 1 dargestellt, weist eine Lagervorrichtung 1 ein Gehäuse 2 auf, das eine zylindrische Spindel 3 aufnimmt, wobei die Spindel 3 einerseits von einem kegeligen Lager 4 und andererseits von einem Gegenaxiallager 5 im Gehäuse drehbar gehalten wird. Im Gegenaxiallager 5 ist zwischen einer Schulter der Spindel 3 und einem auf dieser verschiebblichen, mitrotierenden Ring 12 eine Feder 6, z. B. eine Tellerfeder vorgesehen, welche die Spindel zum kegeligen Lager 4 hin vorspannt. Auf der Seite des kegeligen Lagers 4 steht die Spindel gegenüber dem Gehäuse vor. Der vorstehende Spindelteil wird im folgenden als Spindelkopf 7 bezeichnet. Der Spindelkopf 7 trägt beispielsweise ein Werkstück oder ein Werkzeug 8, z. B. eine in Fig. 1 dargestellte Schleifscheibe. Er kann auch in eine Körnerspitze zum Einspannen eines Werkstücks auslaufen.

Sowohl das kegelige Lager 4 als auch das Gegenaxiallager 5 sind entweder hydrodynamische oder hydrostatische Gleitlager, deren Gleiteigenschaften von jeweils einem Schmierspalt h_1 im kegeligen Lager 4 und einem Schmierspalt h_2 im Gegenaxiallager 5 bestimmt werden. Im kegeligen Lager 4 wird in der Mitte der Lagerkonusfläche ein mittlerer Durchmesser D angenommen, der einen Schnittpunkt mit der Drehachse der Spindel definiert, welcher im folgenden Bezugspunkt 11 genannt wird, und als im Gehäuse 2 ortsfest betrachtet wird. Die Spindel 3 weist im Bereich des kegeligen Lagers 4 eine zu diesem Lager komplementäre kegelige Gestalt auf, wobei eine Erzeugende des Kegelmantels, also eine auf dem Kegelmantel liegende Gerade einen Schnittpunkt mit der Drehachse der Spindel 3 festlegt, der im folgenden Fixpunkt 9 genannt wird.

Das Verhältnis des Abstandes L zwischen Fixpunkt 9 und Bezugspunkt 11, d. h. die Hälfte des mittleren

Durchmessers D zur Höhe des angenommenen Kegels legt den Tangens des Kegelneigungswinkels α fest.

Erwärm sich die Spindel 3 aufgrund von Reibungswärme in den Lagern oder aufgrund von Wärme, die beim Bearbeiten beispielsweise mit der Schleifscheibe 8 entsteht, so dehnt sie sich in alle Raumrichtungen aus. Das bedeutet, daß mit einer axialen Wärmeausdehnung der Spindel simultan eine radiale Wärmeausdehnung der Spindel einhergeht. Insbesondere vergrößern sich auch alle Radien im kegeligen Bereich der Spindel, was zu einem zwangswise Verschieben der Spindel 3 in das Gehäuse 2 hinein entgegen der Federkraft der Feder 6 führt, wobei dieses Verschieben der Spindel 3 in das Gehäuse 2 gerade die temperaturbedingte Längung der Spindel kompensiert. Dadurch bleibt der Abstand L zwischen dem Fixpunkt 9 und dem Bezugspunkt 11 unabhängig von der Temperatur der Spindel 3 erhalten.

Das zwangswise Hineinlaufen der Spindel 3 in das Gehäuse 2 kann im Gegenaxiallager 5 statt durch die Feder 6 auch durch einen Schmierspalt h_2 veränderlicher Breite zwischen dem erwähnten Ring und einem ortsfesten Lagerblock ermöglicht werden.

Fällt nun der Fixpunkt 9 mit dem geometrischen Mittelpunkt oder dem Schwerpunkt des Werkzeugs 8 oder eines Werkstücks zusammen, oder ist in diesem Punkt eine Körnerspitze angeordnet, so behalten das Werkzeug, das Werkstück oder die Körnerspitze ihre Arbeitslage auch bei temperaturbedingter Längenänderung der Spindel 3 bei, so daß eine präzise Bearbeitung möglich ist.

Wird beispielsweise das sich am Spindelkopf befindliche Werkzeug oder Werkstück während der Bearbeitung gekühlt, und weist dadurch die Spindel über ihre Länge hin unterschiedliche Temperaturen auf, so kann dieser Effekt durch einen Kegelneigungswinkel berücksichtigt werden, der einem angenommenen Kegel zugeordnet ist, dessen Spitze nicht mit dem Fixpunkt 9, wie er oben beschrieben wurde, zusammenfällt. Z. B. kann die angenommene Spitze des Kegels um eine Strecke ΔL gegenüber dem Fixpunkt 9 in Richtung hin zum Gehäuse 2 versetzt sein. Durch die Vorgabe anderer Werte von ΔL können auch weitere Temperatureffekte, z. B. die Wärmeausdehnung von Gehäuse 2 und kegeligem Lager 4 kompensiert werden.

Wie Fig. 2 zeigt, können bei einer abgewandelten Ausführungsform der erfundungsgemäßen Lagervorrichtung sowohl das kegelige Lager als auch das Gegenaxiallager jeweils Wälzlager 14, 15 sein. Dies hat den Vorteil, daß die Erwärmung und damit die Wärmeausdehnung der Spindel durch veränderbare Lagervorspannungen ausgeglichen wird.

Wie Fig. 3 darstellt, ist bei einer erfundungsgemäßen Lagervorrichtung für eine drehend angetriebene Spindel das kegelige Lager 4 zwischen dem Gegenaxiallager 5 und einem weiteren Radiallager 13, beispielsweise auf halbem Abstand zwischen dem Gegenaxiallager 5 und dem Radiallager 13, angeordnet. Das hat den Vorteil, daß das kegelige Lager 4 vom Spindelkopf 7, der großen Temperaturschwankungen ausgesetzt sein kann, weiter entfernt ist, und damit von diesen Temperaturschwankungen weniger beeinflußt wird. Das kegelige Lager 4 hat bei dieser Ausführungsform im wesentlichen dieselbe Temperatur wie das Gehäuse 2 und ist damit denselben Temperaturschwankungen ausgesetzt wie dieses. Auf diese Weise lassen sich überdies Einflüsse der Gehäuseterminatur ganz oder teilweise ausgleichen.

Wie weiterhin aus den Fig. 1 bis 3 ersichtlich ist, befinden sich in dem Gehäuse 2 ein Schmierstoffeinlauf 16 für

das kegelige Lager 4, ein Schmierstoffeinlauf 17 für das Gegenaxiallager 5 sowie ein Schmierstoffauslauf 18. Außerdem sind im Gehäuse 2 ein Temperierungsmediumeinlauf 19, ein sich vollständig im Gehäuse 2 befindlicher, axial um eine Spindelhülse 22 schraubenförmig umlaufender, das Temperierungsmedium aufnehmender Kühlkanal 20 und ein Temperierungsmediumauslauf 21 angeordnet, wobei der Temperierungsmediumeinlauf 19 mit dem Anfang des Kühlkanals 20 und der Temperierungsmediumauslauf 21 mit dem Ende des Kühlkanals 20 verbunden sind.

Der Temperierungsmediumeinlauf 19, der Kühlkanal 20, und der Temperierungsmediumauslauf 21 dienen der Kühlung des Gehäuses 2, in dem ein Temperierungsmedium, beispielsweise Wasser, durch den Temperierungsmediumeinlauf 19, den Kühlkanal 20 und den Temperierungsmediumauslauf 21 befördert wird.

Schließlich muß das Werkzeug 8 oder das Werkstück nicht unbedingt am Ende eines freitragenden Spindelkopfes 7 angeordnet sein; es kann auch zwischen zwei Lagern befestigt sein, von denen eines entsprechend kegig ausgebildet ist und die Position des Werkzeuges oder Werkstückes von der Temperatur unabhängig konstant hält.

Patentansprüche

1. Lagervorrichtung für eine drehend angetriebene Spindel, bei welcher ein bestimmter, auf der Spindelachse liegender Fixpunkt relativ zu einem ortsfest angenommenen Bezugspunkt unabhängig von der Temperatur der Spindel einen stets gleichbleibenden Abstand hat, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- A. die Spindel (3) ist in einem kegeligen Lager (4) gelagert, dessen Kegelspitze mit dem Fixpunkt (9) der Spindelachse zusammenfällt;
- B. der Kegelneigungswinkel α des kegeligen Lagers (4) genügt der Beziehung

$$\tan \alpha = \frac{D}{2L}$$

wobei L der Abstand zwischen Fixpunkt (9) und Bezugspunkt (11) und D der mittlere Durchmesser des kegeligen Lagers (4) ist;

C. die Spindel (3) ist in einem Abstand vom kegeligen Lager (4) weiterhin in einem Gegenaxiallager (5) gelagert, welches eine axiale Ausgleichsbewegung der Spindel (3) ermöglicht.

2. Lagervorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Gegenaxiallager (5) zur Erzielung der axialen Ausgleichsbewegung axial gefedert ist.

3. Lagervorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die axiale Ausgleichsbewegung durch einen Schmierspalt veränderlicher Breite im Gegenaxiallager (5) ermöglicht ist.

4. Lagervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das kegelige Lager (4) und/oder das Gegenaxiallager (5) hydrodynamische Gleitlager sind.

5. Lagervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das kegelige Lager (4) und/oder das Gegenaxiallager (5) hydrostatische Gleitlager sind.

6. Lagervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das kegelige Lager (4) und/oder das Gegenaxiallager (5) Wälzlag-
ger (14, 15) sind.

7. Lagervorrichtung nach einem der voranstehen-
den Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das
kegelige Lager (4) zwischen dem Gegenaxiallager
(5) und einem weiteren Radiallager (13) angeordnet
ist.

8. Lagervorrichtung nach einem der voranstehen-
den Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die
Spindel (3) am Fixpunkt (9) ein Werkzeug (8) oder
ein Werkstück trägt oder eine Körnerspitze auf-
weist.

15

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

— Leerseite —

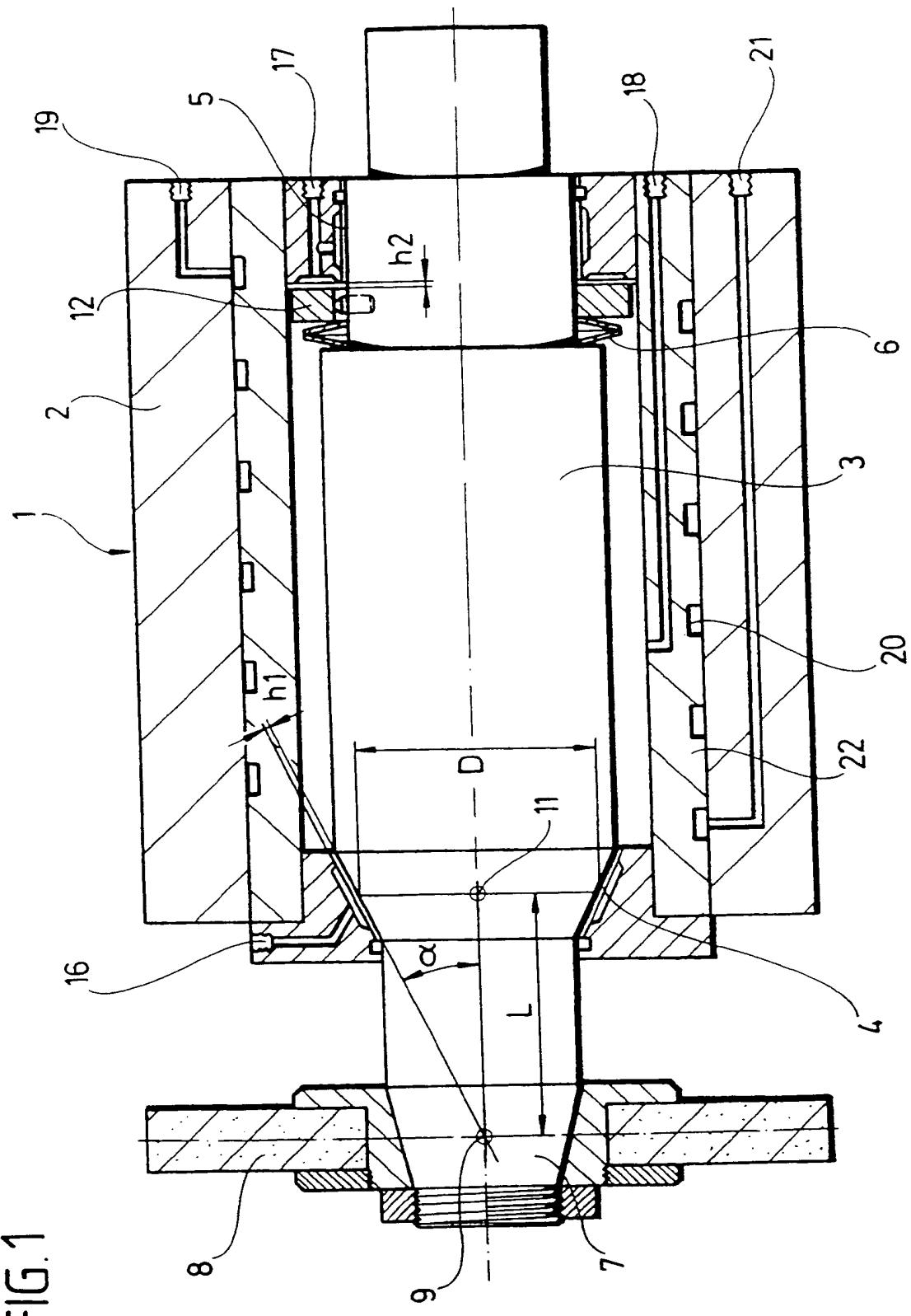


FIG. 1

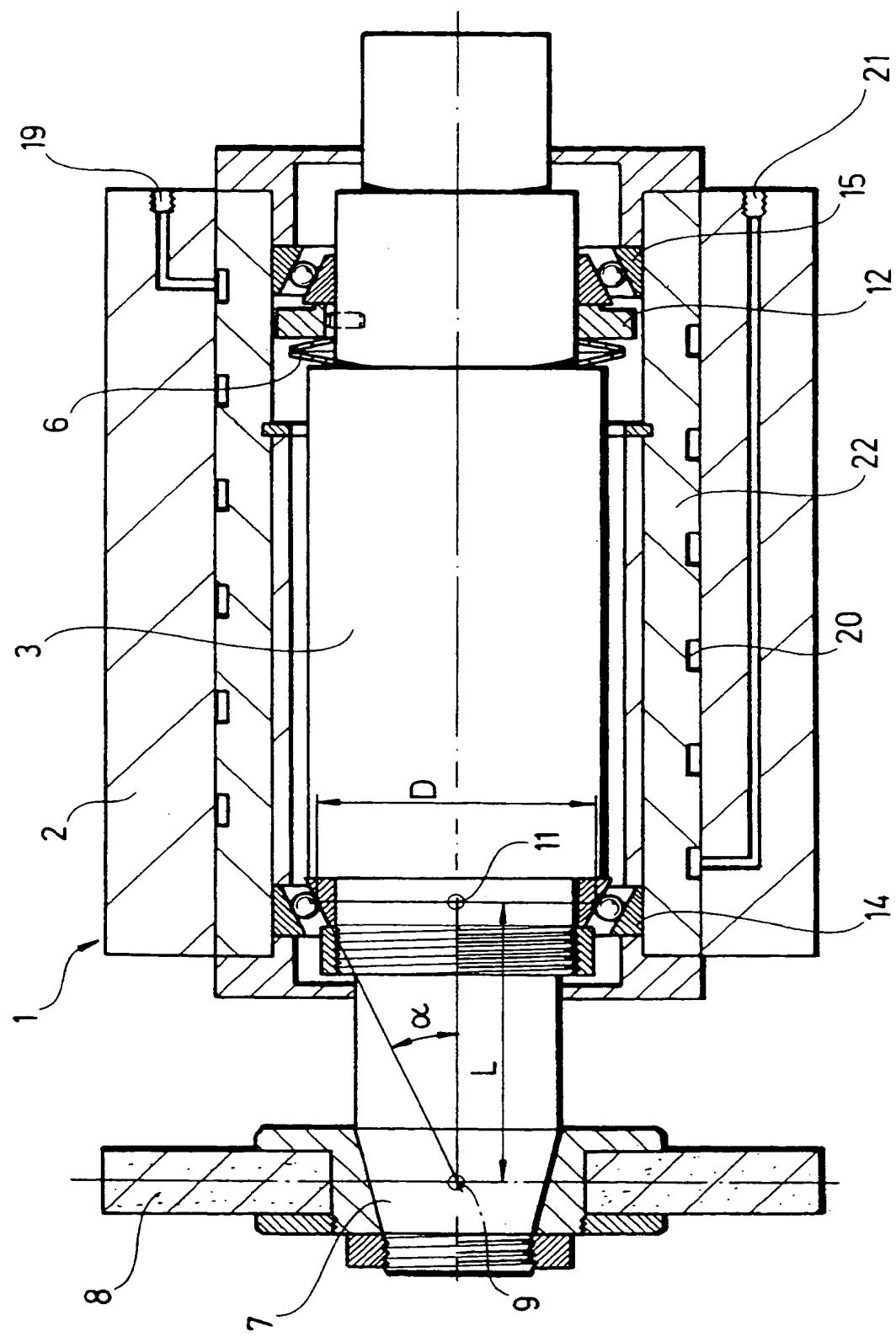


FIG. 2

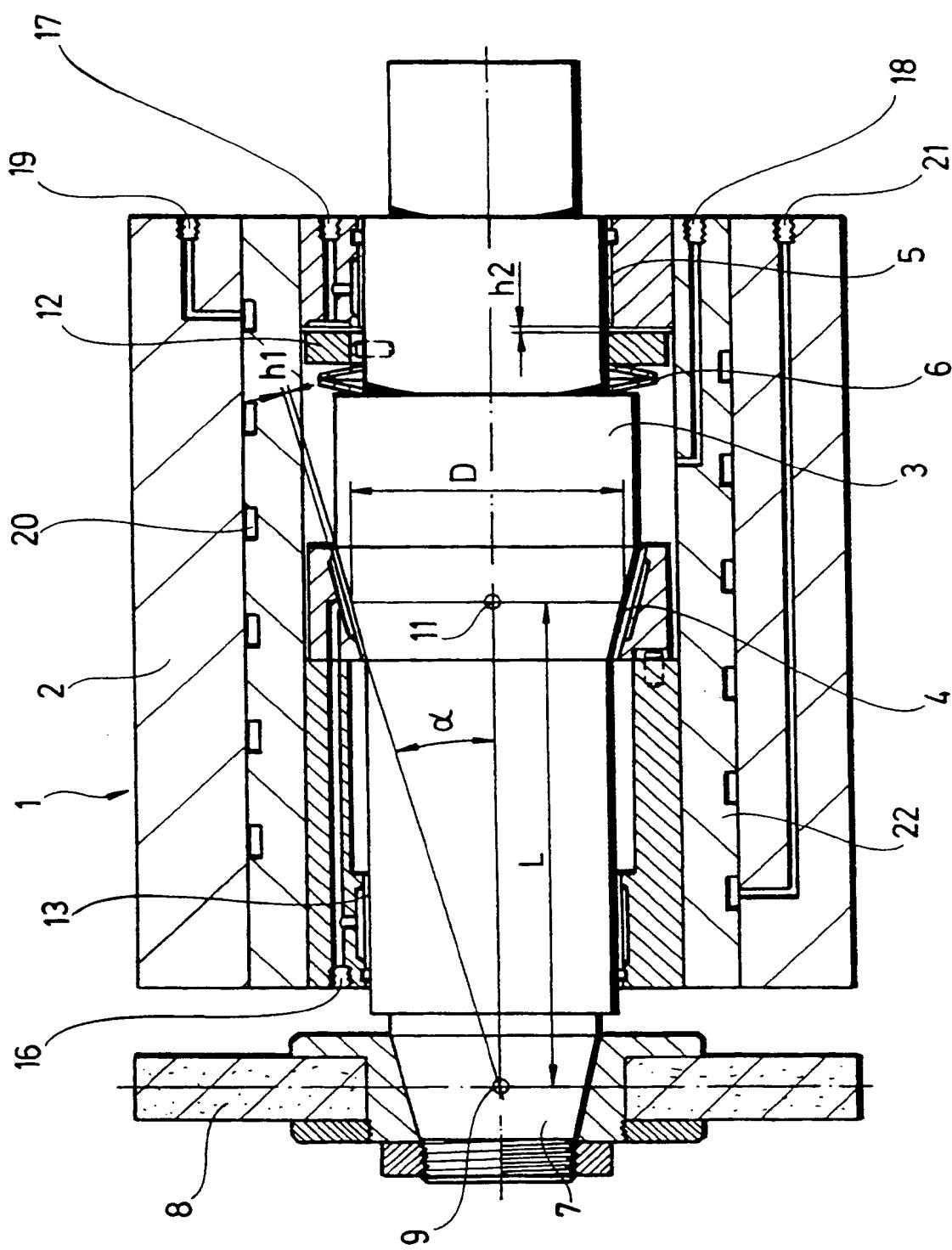


FIG. 3